Pilzkrankheiten im Ackerbau – Historischer Rückblick und aktuelle Entwicklungen

Herbert Huss*

Abstract: Parasitic fungi are the most important pathogens in our crop plants. The key to their success is their great genetic adaptability to the continuous development of breeding methods and their ability to adapt to everchanging production conditions. Even with highly sophisticated pest management, parasitic fungi like the „snow moulds“ *Monographella nivalis, Typhula incarnata* and *T. ishicariensis* can cause massive decreases in yields. The extraordinary successs story of the barley parasite *Ramularia collo-cygni* and the return of *Tilletia* spp. are examples for the special dynamics in agricultural ecosystems. *Colletotrichum coccodes* is a fungus fostered by global warming. It causes wilting in heat-stressed potato plants and can lead to great losses in yield. In addition, a review covers the historical importance of rust fungi (*Puccinia spp.*), of ergot (*Claviceps purpurea*) and the late blight of potatoes (*Phytophthora infestans*).

Zusammenfassung: Parasitische Pilze sind die wichtigsten Krankheitserreger unserer Kulturpflanzen. Schlüssel für den Erfolg dieser Pilze sind ihre große genetische Anpassungsfähigkeit an die durch Züchtung ständig weiterentwickelten Kulturpflanzen und ihre ökologische Anpassungsfähigkeit an die ebenso im Wandel begriffene pflanzenbauliche Praxis. Trotz eines hoch entwickelten Pflanzenschutzes können parasitische Pilze, wie die „Schneeschimmel“ *Monographella nivalis, Typhula incarnata und T. ishicariensis* nach wie vor massive Ertragseinbußen verursachen. Die ungewöhnliche Erfolggeschichte des Gerstenparasiten *Ramularia collo-cygni* und die Rückkehr der Brandpilze sind Beispiele für die besondere Dynamik, die Agro-Ökosystemen eigen ist. *Colletotrichum coccodes* ist ein durch die Klima-Erwärmung begünstigter Pilz, der bei Hitze- gestressten Kartoffeln eine Welke und damit große Ertragsausfälle verursachen kann. In einem Rückblick wird die historische Bedeutung der Rostpilze (*Puccinia spp.*), von Mutterkorn (*Claviceps purpurea*) und dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel (*Phytophthora infestans*) dargelegt.

Key words: Parasitic fungi, plant diseases, history, global warming.

*Correspondence to: herbert.huss@raumberg-gumpenstein.at

Address: LFZ Raumberg-Gumpenstein, Versuchsstation Lambach/Stadl-Paura, Gmundnerstr. 9, 4651 Stadl-Paura, Austria.

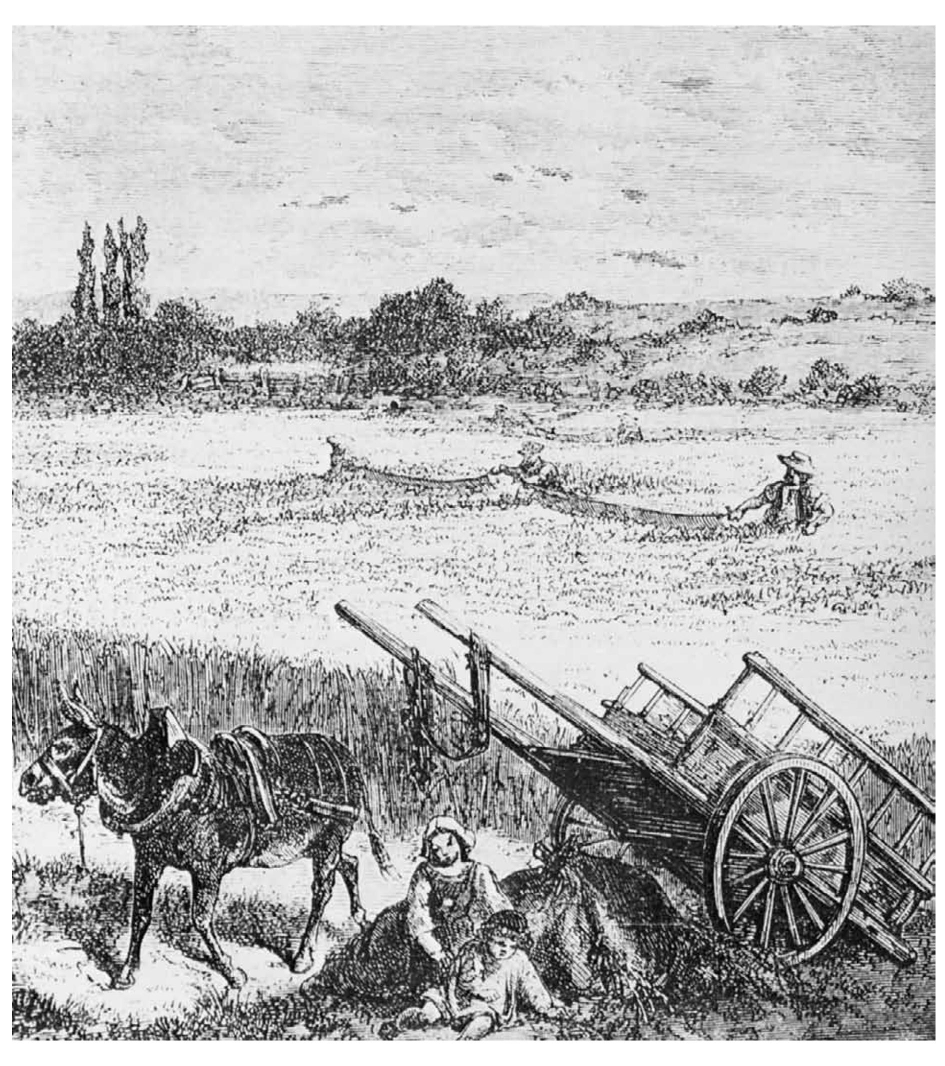


Abb. 1: Bauern, die zeitig in der Früh mit Netzen durch die Felder gehen, um den Tau vom Weizen abzustreifen. Da Tau für die Keimung der Rostsporen notwendig ist, konnte mit dieser Maßnahme Rostkrankheiten vorgebeugt werden (Bild: Heuzé (1872), aus Zadoks & Bouwman (1985)).

EINLEITUNG

Die Entstehungsgeschichte unserer Kulturpflanzen wird begleitet von einem Anpassungsprozess unterschiedlicher Krankheitserreger an die durch Selektion und Züchtung genetisch immer vielfältiger werdenden Wirtspflanzen. Dabei haben sich die Pilze als besonders erfolgreich erwiesen, denn von den 162 wichtigen Infektionskrankheiten der in Mitteleuropa heute kultivierten Kulturpflanzen werden 135 durch Pilze verursacht, während nur 27 auf das Konto von Viren und Bakterien gehen (Müller & Löffler 1992). Pilzkrankheiten können in verschiedenen Teilen der Erde nach wie vor Hungersnöte hervorrufen und auch bei uns ist es noch nicht so lange her, dass sie ein Problem für die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln darstellten. Trotz weltweiten Fungizideinsatzes werden die von phytopathogenen Pilzen verursachten Ertragsverluste auf 15 % geschätzt. Ohne deren Einsatz wäre allerdings mit Ernteausfällen von 30% zu rechnen (Hallmann et al. 2009).

GESCHICHTE DER PILZKRANKHEITEN

Roste (*Puccinia* spp.)

Die Wiege des Ackerbaus liegt in dem durch Winterregen begünstigten Norden der Arabischen Halbinsel, der als „Fruchtbarer Halbmond" bezeichnet wird. Aus Wildformen des Weizens, der Gerste, Linse, Erbse und Wicken entstanden hier durch menschliche Selektion erste Vorstufen unserer Kulturpflanzen, die bereits 8000 v. Chr. die Nahrungsgrundlage für größere Siedlungskonzentrationen wie Jericho bildeten. Da diese Region jedoch nicht nur als Entwicklungszentrum für Weizen und Gerste, sondern auch als Ursprungsgebiet der Weizen- und Gerstenroste angesehen wird (Wahl et al. 1984) dürften die ersten von Menschen beobachteten Krankheitsbilder bei Getreide wohl von Rostpilzen verursacht worden sein. Erste

Berichte über das Auftreten von Getreidekrankheiten reichen bis zu den Sumerern (ca. 4000 v. Chr.) zurück. Bei den Griechen registrierte Theophrast (371 – 286 v. Chr.) bereits eine unterschiedliche Rost-Anfälligkeit bei Getreide (Redlhammer 2003). Im alten Rom dürften Rostkrankheiten ein erhebliches Ausmaß angenommen haben, denn die Römer kannten einen Rost-



Abb. 3: Von Schwarzrost (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) befallener Weizen. Das Aufplatzen der Epidermis bedingt eine höhere Verdunstungsrate und damit ein vorzeitiges Abreifen des Weizens (Foto: M. Plank).



Abb. 2: Rostbraune Uredosporenlager von *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* auf einem Weizenblatt.

gott Robigus (auch Robigo), dem sie am 25. April durch eine Feldprozession und Opferung eines „rostfarbenen Hundes" huldigten, um ihre Felder vor Krankheitsbefall zu schützen (Wikipedia 2011). Robigus bzw. Robigo bezeichnet im Lateinischen sowohl die Gottheit als auch den Getreiderost.

Im Mittelalter wurden Krankheits- und Schädlingskalamitäten in der Regel noch als Strafe Gottes für den „sündigen" Lebenswandel der Menschen angesehen. Viel pragmatischer widmete man sich diesem Thema im 18. Jahrhundert. Ein Jahr nach einer Schwarzrostepidemie, die im Jahr 1766 ganz Italien heimsuchte, veröffentlichte Felice Fontana eine Arbeit, in der er die pilzliche Natur des Schwarzrostes diskutierte und vermutete, dass es sich bei den Sporen um Pflanzen handle, die sich ohne Wurzeln von Getreide ernähren könnten (Braun 1967). Es dauerte freilich noch ein Jahrhundert, bis de Bary (1853) durch Infektionsversuche nachweisen konnte, dass die Pflanzen von den Pilzen befallen werden und diese sich auf den Pflanzen auch vermehren. Bemerkenswert ist, dass die Bauern des 17. Jahrhunderts bereits Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Rostkrankheiten und der Taubildung erkannten. Sehr zeitig in der Früh gingen sie deshalb mit Seilen oder Netzen durch die Felder, um den Tau vom Weizen abzustreifen (Abb. 1). Heute wissen wir, dass Tau bei der Keimung der Rostsporen eine entscheidende Rolle spielt und durch eine Verkürzunge der Tau-Bedeckungsdauer des Weizens eine Reduzierung des Rostbefalls möglich ist.

Roste spielen als Krankheitserreger des Getreides nach wie vor eine große Rolle. Gerste wird in Österreich regelmäßig vom Zwergrost (*Puccinia hordei*), Hafer vom Kronenrost (*P. coronata*) und Roggen vom Braunrost (*Puccinia recondita* f. sp. *recondita*), in manchen Jahren auch vom Schwarzrost (*Puccinia graminis* f. sp. *secalis*) befallen. Näher besprochen sollen hier allerdings nur die Rostpilze des Weizens werden.



Abb. 4: Gelbrost (*Puccinia striiformis*) ist an den gelben, in Streifen angeordneten Uredosporenlagern zu erkennen (Foto: M. Plank).

Abb. 5: Mutterkorn *(Claviceps purpurea)* in einer Roggenähre.

Der **Braunrost** (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) ist der häufigste der drei Weizenroste. Bei warmem Wetter tritt er mit großer Regelmäßigkeit in allen österreichischen Weizenanbaugebieten in Erscheinung. Die rostfarbenen Uredosporenlager werden vor allem auf den Blattspreiten gebildet (Abb. 2). Ein Wirtswechsel mit der Wiesenraute (*Thalictrum* spp.), wie er aus dem Mittelmeergebiet bekannt ist, findet bei uns nicht statt.

Der vor allem an Halmen und Blattscheiden auftretende **Schwarzrost** (*Puccinia graminis* f. sp.*tritici)* (Abb. 3) hat in Österreich zurzeit keine Bedeutung. Dennoch sollte er nicht aus den Augen verloren werden, da dieser sehr Wärme liebende Pilz durch die Klimaerwärmung bei uns zunehmend günstige Bedingungen vorfindet. Er besitzt ein hohes Schadpotential und neigt zu epidemischem Auftreten, was er in der Vergangenheit mehrmals eindrucksvoll unter Beweis stellte. In den Jahren 1965, 1966 und 1972 kam es zu Schwarzrostepidemien von „katastrophalem Ausmaß", welche Ernteausfälle von 20 – 30% (Extremausfälle bis 80%) nach sich zogen (Zwatz 1982). Im Marchfeld wurde in dem Jahrzehnt bis 1965 fast ausschließlich die Winterweizensorte *Record* angebaut. Die Dominanz dieser einen Sorte könnte möglicherweise zur Selektion einer besonders angepassten Schwarzrostrasse geführt haben (Zwatz 1968). Die großen wirtschaftlichen Schäden führten zu umfangreichen Untersuchungen über das Rassenspektrum des Schwarzrostes und beflügelten auch die Resistenzzüchtung (Hänsel 1980). Bis zum Jahr 1996 war Schwarzrost bei Weizen zu beobachten, seither ist er in Österreich bedeutungslos. Als Gründe für das Ausbleiben von Epidemien werden unter anderem auch die Erfolge der Resistenzzüchtung in Südosteuropa angeführt (Oberforster et al. 2010). Maßgeblich für die Schwarzrostepidemien waren nämlich in erster Linie aus südlichen und südöstlichen



Abb. 6: Als Folge einer Mutterkornvergiftung verstümmelter Mensch (aus Sieger 2008).

Ländern mit dem Wind nach Österreich verfrachtete Schwarzrost - Uredosporen. Heimische Berberitzen, die als Zwischenwirt des Schwarzrostes fungieren, spielten epidemiologisch nur eine untergeordnete Rolle (Zwatz 1982).

Der Schwarzrost sorgte auch für internationale Schlagzeilen, als 1998 in Uganda eine neue, als Ug99 bezeichnete, Schwarzrostrasse auftauchte, die gegenüber dem Resistenzgen Sr31 virulent war. Da 90% der weltweit angebauten Weizen dieses Gen enthalten und Ug99 2001in Kenia, 2003 in Äthiopien und schließlich im Yemen auftauchte, war zu erwarten, dass diese gefährliche Schwarzrostrasse bald auch die Weizenanbaugebiete im Nahen Osten und Asien befallen würde. Um dieser Bedrohung etwas entgegensetzen zu können, wurde eine weltweite Rostinitiative gegründet, die sich primär mit Resistenzzüchtung gegen Ug99 beschäftigt (Singh et al. 2011).

Der **Gelbrost** (*Puccinia striiformis*) ist vor allem in den feucht-kühlen Klimaten Nordwesteuropas verbreitet. In Österreich blieb er die meiste Zeit eine vernachlässigbare Größe, bis 1999 ein epidemisches Auftreten bei empfindlichen Sorten für extreme Ertragseinbußen sorgte. Bei der Sorte *Victo* führte der Gelbrostbefall zu einer Reduzierung des Tausendkorngewichts der Weizenkörner von 30,6 auf 9,0 g und damit zu einer Ertragsminderung von 85% (Oberforster & Mayr 1999). Ein milder Winter 1998/99, die nachfolgende feuchte Frühjahrswitterung, anfällige Sorten und ein vorhandenes Ausgangsinokulum waren wesentlich am Zustandekommen dieser Epidemie beteiligt (Besenhofer et al. 2001). Typisches Merkmal eines Gelbrostbefalls sind die streifig angeordneten Uredosporenlager auf den Blättern (Abb. 4). Gegen Ende der Wachstumsphase entstehen auf den Blattscheiden, den Blattspreiten und den Ähren die als schwarze Strichel kenntlichen Teleutosporenlager. Diese können zwar keimen, ihre Bildung ist epidemiologisch aber bedeutungslos, da ein Zwischenwirt fehlt, der von den Sporen infiziert werden könnte.

Mutterkorn *(Claviceps purpurea)*

Der Mutterkornpilz *Claviceps purpurea* befällt vor allem Roggen, in geringem Umfang auch Weizen, Gerste und verschiedene Gräser. Über die Narbe dringt der Pilz in den Fruchtknoten ein, aus dem sich dann die als „Mutterkorn“ bezeichneten Dauerkörper (Sklerotien) entwickeln, mit denen der Pilz überwintert (Abb. 5). Da der Pilz über die Ascosporen nur geöffnete Blüten infizieren kann, wird der windbestäubte Roggen durch die lange geöffneten Blüten stärker befallen als die übrigen mehr geschlossen abblühenden Getreidearten. Die Pilzinfektion wird durch feuchtes Wetter während der Roggenblüte sehr begünstigt.

Die Bedeutung dieses Pilzes liegt weniger in den eher gering bleibenden Ernteausfällen als vielmehr in der toxischen Wirkung der in den Sklerotien enthaltenen Mutterkornalkaloide. Die Sklerotien können beim Drusch sehr leicht ins Erntegut gelangen und mit



Abb. 7: In der Höhensiedlung Thunau am Kamp (Niederösterreich) gefundene und aus der Späten Bronzezeit stammende Sklerotien von *Claviceps purpurea* (Foto: M. Popovtschak).

dem Mehl zu Brot verbacken werden, was vor allem während des Mittelalters zu schweren Vergiftungserscheinungen führte. Da Roggen eine große Winterfestigkeit besitzt und er auf den meist nährstoffarmen Böden auch noch gute Erträge brachte, war er zumindest ab dem Hochmittelalter die bevorzugte Getreideart. Er wurde nicht nur in einer Drei-, Zwei- sondern, wenn auch seltener, in Einfelderwirtschaft, also mittelalterlicher Monokultur, angebaut (Vogt-Lüerssen 2006), was die Gefahr eines Mutterkornbefalls zusätzlich erhöhte.

Mutterkornvergiftungsepidemien brachen stets im frühen Herbst aus, wenn nämlich der Roggen der neuen Ernte vermahlen und verbacken wurde. In seiner „Chronica" schildert der Benediktinermönch Sigebert von Gembloux (um 1030-1112) das Ausmaß der durch eine solche Vergiftung verursachten Leiden: „1089. Es war ein Seuchenjahr, besonders im westlichen Teil Lothringens, wo viele, deren Inneres das Heilige Feuer verzehrte, an ihren zerfressenen Gliedern verfaulten, die schwarz wie Kohle wurden. Sie starben entweder elendig, oder sie setzten ein noch elenderes Leben fort, nachdem die verfaulten Hände und Füße abgetrennt waren. Viele aber wurden von nervösen Krämpfen gequält." (Zitiert nach Sieger 2008) (Abb. 6). Die geplagten Menschen suchten in einer gesteigerten Reliquienverehrung und in Massenwahlfahrten zu den entsprechenden Heiligtümern Zuflucht. Vor allem vom heiligen Antonius erwarteten sie sich Hilfe, weshalb die Krankheit auch „Antoniusfeuer" genannt wurde. 994 sollen dieser Krankheit in Frankreich 40 000 Menschen zum Opfer gefallen sein (Braun 1967). Von Epidemien wird auch in den Jahren 857 und 1093 berichtet. Selbst 1951 kam es in der Provence noch zu Mutterkornvergiftungen, bei der 4 Menschen starben.

Claviceps purpurea ist in Österreich der einzige phytopathogene Pilz, von dem Belege auch aus vergangenen Epochen erhalten geblieben sind. In der Höhensiedlung Thunau am Kamp in Niederösterreich wurden verkohlte Sklerotien (Abb. 7) aus der späten Bronzezeit und dem Frühmittelalter gefunden (Popovtschak & Zwiauer 2003), in Frauenberg bei Leibnitz ein Sklerotium aus einer spätantiken Epoche (pers. Mitt. Popovtschak) und in Simetsberg in Oberösterreich ein Sklerotium, das zwischen 1. und 3. Jahrhundert datiert wurde (Popovtschak & Thanheiser 2006).

Mutterkorn ist in unseren Felder nach wie vor anzutreffen. Entsprechende Saatgutvorschriften und eine strenge Kontrolle des Ernteguts haben aber dazu geführt, dass *Clavicps purpurea* heute kein Gesundheitsproblem mehr darstellt. Besondere Vorsicht ist nur bei Hybridroggen geboten, da sie eine höhere Mutterkornanfälligkeit aufweisen als die Populationsroggen.

Kraut- und Knollenfäule *(Phytophthora infestans)*

Ab Mitte des 18. Jahrhunderts hielt mit der Kartoffel eine neue Kulturart erfolgreich Einzug in unsere Felder. In Irland bildete sie im 19. Jahrhunderts sogar die Nahrungsgrundlage für die Bevölkerung. Die Pflanzen wuchsen in der Regel sehr gut, so auch im irischen Sommer 1845, als die Kartoffelbestände nach kühlem, feuchtem Wetter plötzlich abstarben. Als die Bauern nach den Knollen gruben, mussten sie zu ihrem Entsetzen feststellen, dass ein Teil davon gefault war. Die noch gesund erscheinenden Knollen wurden auf Lager gelegt und begannen auch hier zu faulen. Nachdem sich dies auch 1846 wiederholt hatte, war die Katastrophe für die Iren perfekt. Es wird geschätzt, dass damals 1 Millionen Iren verhungerten und mindestens ebenso viele nach Amerika auswanderten. Viele glaubten, dass der Teufel dabei seine Hand im Spiel hatte, weshalb Weihwasser auf die Felder gespritzt wurde, um ihn zu vertreiben. Andere glaubten an eine Strafe Gottes. Die wirkliche Ursache konnte jedoch erst durch de Bary im Jahr 1861geklärt werden. Durch Infektionsversuche gelang es ihm nachzuweisen, dass der zu den Oomyceten gehörenden Pilz *Phytophthora infestans* für das Absterben der Kartoffelstauden und das Faulen der



Abb. 8: Nach Kartoffeln grabende Familie während der Großen Hungersnot in Irland (Illustrated London News 1849).

Abb. 9: Kartoffelblatt mit den weißen Pilzrasen von *Phytophthora infestans*.





Abb. 10: Von *Ramuaria collo-cygni* verursachte Blattsymptome bei Wintergerste.

Abb. 11: Durch *Ramularia collo-cygni* stark geschädigte Wintergerste. Charakteristisch ist die intensive Sprenkelung von Blättern, Halmen und Grannen.

Knollen verantwortlich gewesen war (Schöber-Butin 2001).

Im Kriegsjahr 1916 kam es in Deutschland und Österreich zu einer Phytophthora – Epidemie, die die Hälfte der Kartoffelernte zunichte machte. Die Folge war eine Nahrungsmittelknappheit, die in dem Hungerwinter 1916/17 gipfelte. Da es außer den bisher als Schweinefutter verwendeten Steckrüben kaum noch andere Nahrung gab, ging dieser Winter als „Steckrübenwinter" in die Geschichte ein (Hamann 2009). Nach der Epidemie des Jahres 1845 begann man nach widerstandsfähigen Sorten zu suchen und entwickelte bis 1876 die erste resistente Sorte namens *Magnum Bonum* (Miedaner 2011). Dies war ein erster großer Erfolg der Resistenzzüchtung, die in der Folge zunehmend an Bedeutung gewinnen sollte.

Die Aggressivität von *Phytophthora infestans* kann auch heute noch beobachtet werden, da der Pilz bei feuchtem Wetter empfindliche Kartoffelsorten nach wie vor innerhalb weniger Tage zum Absterben bringen kann (Abb. 9). Im Konsumkartoffelbau ist diese Krankheit durch das Angebot unterschiedlich resistenter Sorten, durch Phytophthora - Warndienste und dadurch gezielten Einsatz von Fungiziden zurzeit jedoch gut beherrschbar.

Unterschiedliche Parasitierungsstrategien

Die pilzlichen Krankheitserreger haben sehr unterschiedliche Lebensweisen, die gleichzeitig Ausdruck des Grades ihrer Koevolution mit den Wirten sind. Je stärker spezialisiert ein Erreger ist, umso länger dauert in der Regel die Koevolution mit dem Wirt, umso besser ist er angepasst und umso geringer sind die Schäden, die er beim Wirt verursacht (Miedaner 2011). Am stärksten an den Wirt angepasst sind biotrophe Pilze, die in der Natur nur auf lebendem Gewebe existieren können und damit von einem funktionierenden Stoffwechsel des Wirts abhängig sind. Sie sind das Ergebnis einer lang andauernden Koevolution mit dem Wirt und haben einen sehr engen Wirtskreis. Zu den biotrophen Pilzen zählen die Rost- und Brandpilze, die Echten und Falschen Mehltaupilze. Sie können fast unbemerkt von der Wirtspflanze in diese einzudringen und sich von den Nährstoffen und Assimilaten der lebenden Pflanzenzellen ernähren (Hallmann et al. 2009). Necrotrophe Pilze hingegen

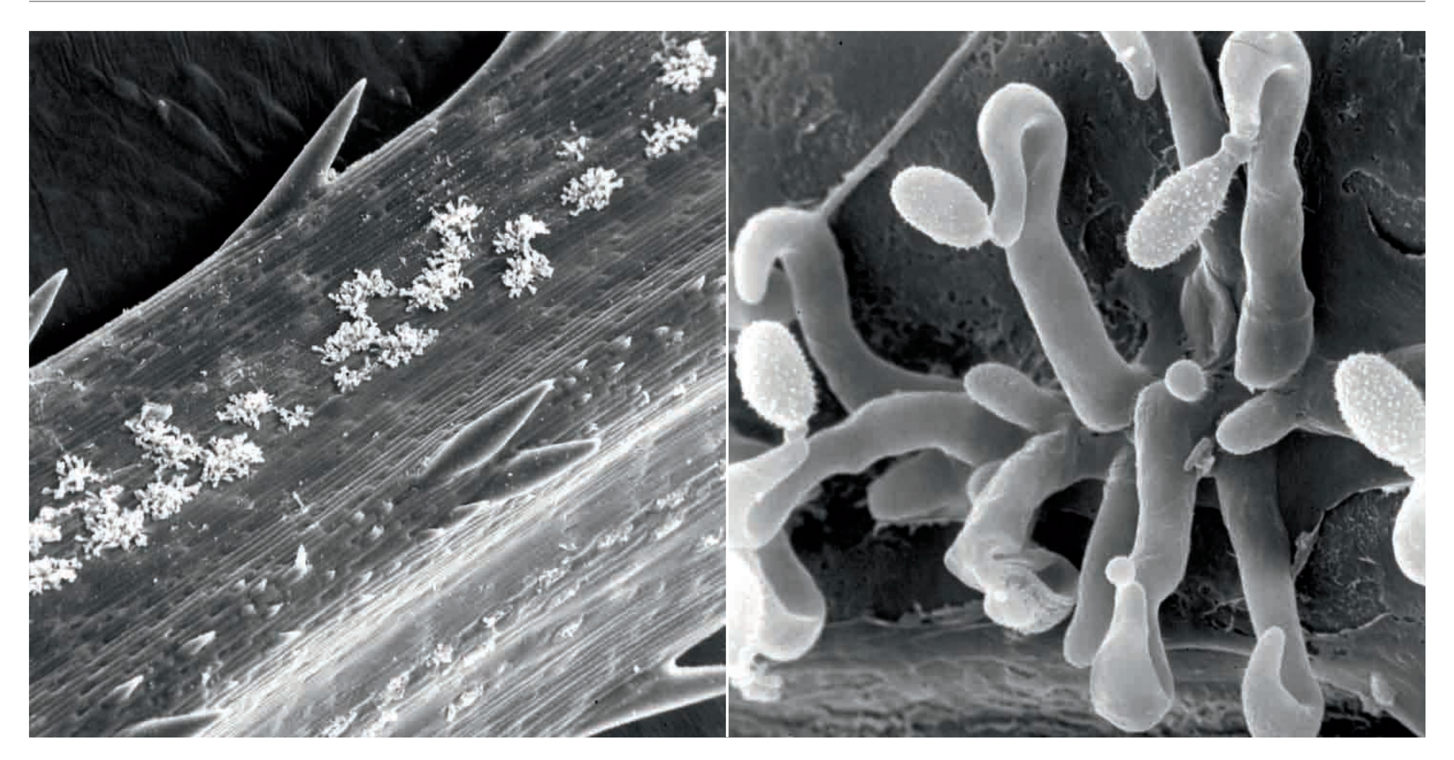


Abb. 12: Kondienträgerbüschel von *R. collo-cygni* auf einer Gerstengranne (SEM – Aufnahme: E. Ingolic).

Abb. 13: Ein typisches Merkmal von *R. collo-cygni* sind die schwanenhalsartig gewundenen Konidienträger (SEM – Aufnahme: E. Ingolic).

töten durch Toxine zuerst das Pflanzengewebe ab, um dieses für die eigene Ernährung nutzen zu können. Sie sind wenig spezialisiert und haben häufig einen weiten Wirtspflanzenkreis, der auch nicht verwandte Wirtspflanzen mit einschließen kann. Zu dieser Gruppe gehört mit *Ramularia collo-cygni* auch ein Pilz, der sich erst vor wenigen Jahrzehnten vor unseren Augen zu einem der wichtigsten Gerstenparasiten Europas entwickelt hat.

Ein unscheinbarer Gerstenparasit erobert Europa

Ramularia collo – cygni ist ein Hyphymycet, der von Cavara (1893) in Norditalien auf Gerste entdeckt und erstbeschrieben wurde. Als Krankheitserreger dürfte er ursprünglich jedoch keine große Bedeutung gehabt haben, da bis zu Beginn der 1980-er Jahre nur ein einziger Bericht über *R. collo-cygni* in Norwegen vorliegt und Jørstad (1930) diesen Pilz nur als schwachen Gerstenparasiten beschreibt. 1986 wurde an der Versuchsstation Lambach/Stadl-Paura im oberösterreichischen Alpenvorland erstmals in Europa ein starker und wirtschaftlich relevanter Ramularia - Befall der Wintergerste dokumentiert (Huss et al. 1987). Aus dieser Zeit stammen auch die ersten Nachweise von *R. collo – cygni* aus Bayern und der Schweiz. 1998 erreichte der Pilz Schottland, wo die für die Whiskyerzeugung wichtige Gerstensorte *Chariot* plötzlich massiv befallen wurde. In dieser Zeit etablierte sich *R. collo – cygni* als Krankheitserreger auch in Irland, Norwegen und Tschechien. (Huss et al. 2003). Mittlerweile ist *R. collo – cygni* in allen humideren europäischen Ländern verbreitet. Im österreichischen Alpenvorland, dem oststeirischen und südburgenländischen Hügelland ist er der dominierende Gerstenparasit (Abb. 10).

Über die Ursachen dieser bemerkenswerten Ausbreitung können nur Vermutungen angestellt werden. Eine besondere Stärke dieses Pilzes liegt in den außergewöhnlichen Sporenmengen, die er in der Lage ist zu produzieren. Da ein Gerstenbestand durchgehend befallen wird, können auf den Blattspreiten, Blattscheiden und Grannen (Abb. 11, 12 u. 13) ca. 30 Billionen Sporen je ha gebildet werden (Huss 2006), welche der Wind verfrachtet. Die Wintergerste bietet besonders günstige Bedingungen für *R. collo-cygni*, da der Pilz auf den älteren Blättern der Herbstsaat sehr gut überwintern und im Frühjahr von diesen ausgehend den sich entwickelnden Gerstenbestand infizieren kann. Es ist deshalb wohl kein Zufall, dass erste Meldungen über einen stärkeren Befall der Gerste aus Wintergerstenanbaugebieten in Österreich und Bayern stammen, in denen die Wintergerste nach dem Krieg eine große Flächenausdehnung erfahren hat. Die Sommergerstenanbaugebiete Schottlands und Norwegens wurden wahrscheinlich durch Sporen infiziert, welche durch Luftströme aus den südlich gelegnen Wintergerstenanbauge-



Abb. 14: Gespreizter Habitus einer von Zwergsteinbrand *(Tilletia controversa)* befallenen Weizenähre.

Abb. 15: Brandbutten von Zwergsteinbrand beim Dinkel.

bieten nach Norden transportiert wurden. Dies erklärt auch das plötzliche und unvermittelte Auftreten der Krankheitssymptome in diesen Ländern. Als vorteilhaft für *R. collo-cygni* erwiesen sich auch die Fortschritte in der Resistenzzüchtung gegen den Zwergrost, da bei Rost-resistenten Sorten ein Konkurrent für die Besiedlung von Blattfläche ausgeschaltet wurde. Deutlich zu beobachten war dies bei der resistenten Sorte *Carola*, die selbst im pannonischen Klimagebiet, in dem der Zwergrost für gewöhnlich dominiert, stark von *R. collo-cygni* befallen wurde.

Steinbrande: Rückkehr bereits vergessener Krankheitserreger

Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts gehörten die Steinbrande zu den gefürchteten Krankheitserregern, die ähnliche Ertragsverluste verursachten wie die Rostpilze. Mit der Entwicklung wirksamer Beizen gelang es diese Pilze weitgehend zum Verschwinden zu bringen. Im biologischen Ackerbau erleben wir zurzeit allerdings eine Steinbrand-Renaissance, die den biologischen Pflanzenschutz vor erhebliche Herausforderungen stellt. In Österreich gibt es bei Weizen und Dinkel drei verschiedene Steinbrandarten. *Tilletia laevis* ist in den Balkanländern sowie in Mittel- und Süditalien die dominierende Steinbrandart, in Österreich ist sie allerdings nur in den wärmsten Anbaulagen vereinzelt anzutreffen. Am weitesten verbreitet ist bei uns die samenbürtige Art *T. caries*. Der Zwergsteinbrand (*Tilletia controversa*) ist bodenbürtig, was bedeutet, dass er imstande ist über im Boden befindliche Sporen, die gut 10 Jahre lebensfähig bleiben, junge Weizen-

pflanzen zu infizieren. Wie bei den anderen Steinbrand-Arten durchwächst das dikaryotische Myzel den Weizenkeimling bis zum Vegetationskegel und befällt später die Blütenanlagen. An Stelle eines Weizenkorns entstehen feste Brandbutten (Abb. 14 u.15), welche 4-5 Millionen Steinbrandsporen (Abb. 16) enthalten. Der Gehalt an Trimethylamin verleiht den Tilletia-Sporen einen unangenehmen und nach fauligem Fisch riechenden Gestank. Erstes auffallendes Zeichen eines Steinbrandbefalls ist ein gebremstes Längenwachstum der Wirtspflanze, das bei *T. caries* meist geringfügig ist, bei *T. controversa* aber deutlich ausgeprägt ist und auch zu ausgesprochenem Zwergwuchs führen kann (Abb.17).

Bei entsprechender Saatguthygiene sind die samenbürtigen *T. caries* und *T. laevis* einigermaßen gut zu kontrollieren. Einmal mit Zwergsteinbrand kontaminierte Böden bleiben hingegen mindestens 10 Jahre lang verseucht. Eine Besonderheit des Zwergsteinbrands ist seine Anpassung an niedrige Temperaturen. Ideale Infektionsbedingungen findet der Zwergsteinbrand unter einer geschlossenen Schneedecke. Anbaulagen mit langer Schneebedeckung, wie das Mühl- oder das Waldviertel, sind deshalb traditionelle Zwergsteinbrandgebiete. Bleibt der Schnee sehr lange liegen, so verstärkt dies den Zwergsteinbrandbefall. Dies wurde nach dem „Jahrhundertwinter" 2005/06 deutlich, als nicht nur in den höheren Anbaulagen, sondern völlig unerwartet auch im Nördlichen Alpenvorland starker Zwergsteinbrandbefall des Weizens zu beobachten war. In abgeschwächter Form wiederholte sich der Befall 2011 (Huss & Bürstmayr 2011). Einzig erfolgversprechende Gegenstrategie ist für den biologischen Ackerbau die Nutzung möglichst resistenter Weizen- und Dinkelsorten. Der Nachweis einer Zwergsteinbrand-Resistenz bei anatolischen und amerikanischen Sorten gibt Hoffnung, diesem gefährlichen Krankheitserreger bald Paroli bieten zu können (Bürstmayr & Huss 2011).

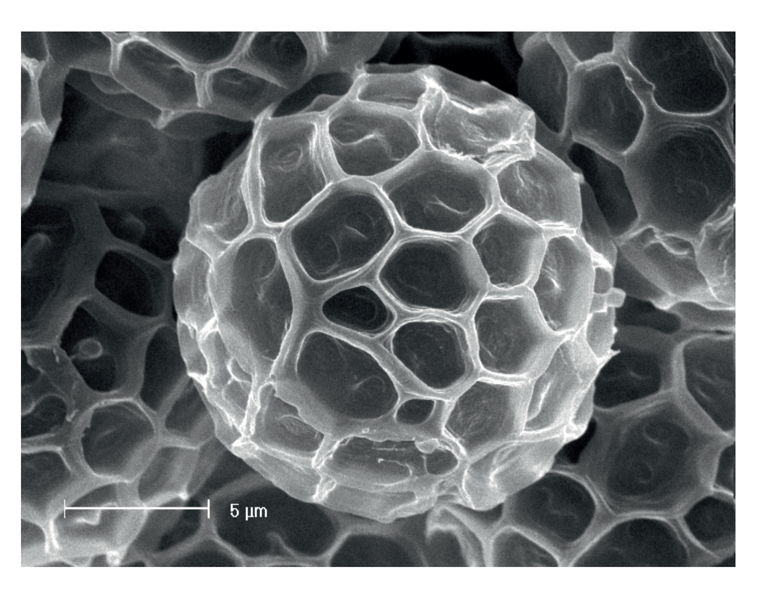


Abb. 16: Zwergsteinbrandspore mit netzförmiger Oberflächenstruktur (SEM – Foto: E. Stabentheiner).

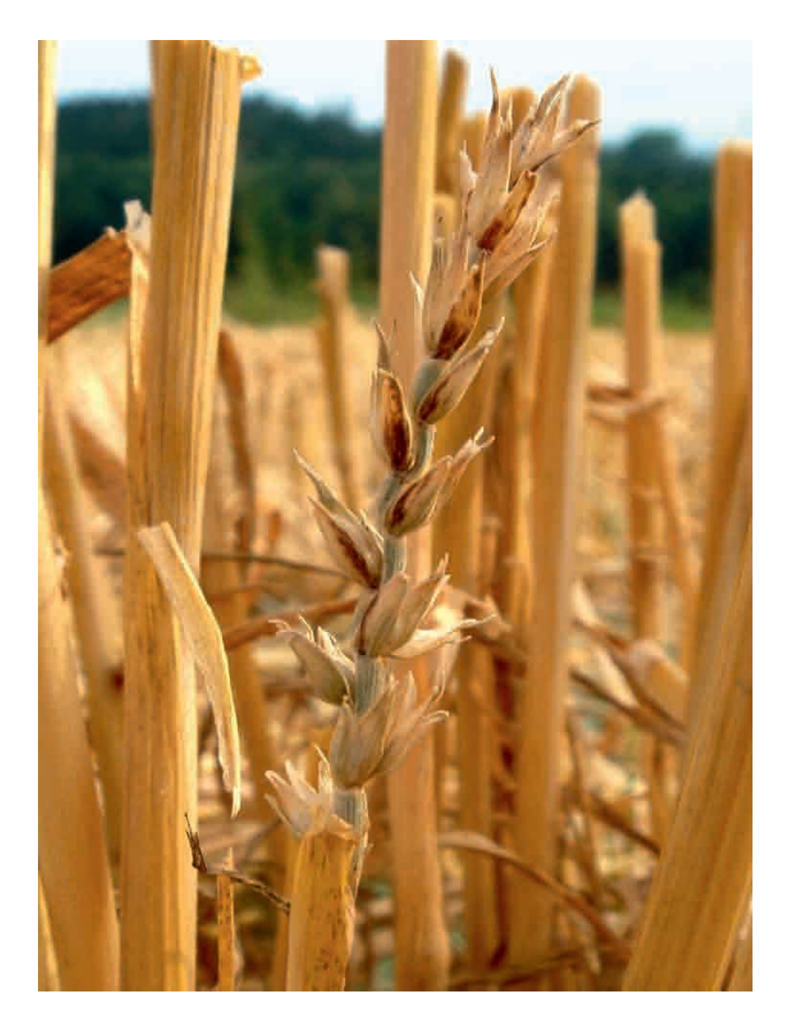


Abb. 17: Nach der Ernte auf dem Feld stehen gebliebener, von Zwergsteinbrand befallener „Weizenzwerg".



Abb. 19: Die massenhaft gebildeten Sporenlager der Nebenfruchtform *(Gerlachia nivalis)* von Monographella nivalis haben den abgestorbenen Roggen rosa gefärbt.

Abb. 18: Durch Schneeschimmelbefall *(Monographella nivalis)* abgestorbener Winterroggen in St. Ulrich im Mühlviertel.

Millionenschäden durch „Schneeschimmel"

Trotz eines hoch entwickelten Pflanzenschutzes sind auch heute noch erhebliche Schäden durch phytopathogene Pilze möglich. Blattkrankheitserreger sind durch Fungizide noch am besten zu bekämpfen. Eine zunehmende Resistenz der Pilze gegen wichtige Fungizide, wie die Strobilurine oder Azole sorgt jedoch auch hier für Probleme. Ein in Edinburgh abgehaltenes Symposium zu diesem Thema wurde deshalb unter das bange Motto gestellt: „Fungizide Resistance: Are we winning the battle but losing the war?" (Bryson et al. 2006).

Bei bodenbürtigen Krankheitserregern vermag oftmals auch eine Saatgutbeizung keine Abhilfe zu schaffen, vor allem wenn für den Erreger günstige Infektionsbedingungen herrschen. Dies zeigte sich nach dem ungewöhnlich schneereichen Winter 2005/06. Da der Schnee auf noch ungefrorenen Boden fiel, fanden die „Schneeschimmel" *Monographella nivalis, T. incarnata und T. ishicariensis* unter der auch im Alpenvorland (Lambach) noch 114 Tage liegen bleibenden Schneedecke ideale Infektionsbedingungen. Das Ergebnis waren Auswinterungsschäden in der Höhe von ca. 10 Millionen Euro (Huss 2006). Im Bezirk Rohrbach im Mühlviertel wurden sogar 90 % der Wintersaat weitgehend vernichtet (Abb. 18). Beim Roggen gingen die Auswinterungsschäden primär auf das Konto des Schneeschimmels *Monographella nivalis* (Abb. 19). Der Krankheitsdruck war durch diesen Pilz so stark, dass auch der als gut schneeschimmelresistent geltende Schlägler Roggen in der Umgebung von Schlägl fast zur Gänze auswinterte. Auf den abgestorbenen Roggenblättern entwickelten sich massenhaft die Sporenlager der als *Microdochium nivale* (Abb. 20) bezeichneten Nebenfruchtform dieses Pilzes, sodass diese Felder ein rosa Aussehen hatten (Abb. 18). *Typhula incarnata* war vor allem für die Auswinterung der Wintergerste im Alpenvorland verantwortlich (Abb. 21). *T. shikariensis* ist ein in den nördlichen Teilen Skandinaviens, Russlands, Japans und Nordamerikas verbreiteter „Grauer Schneeschimmel", der bis zum „Schneeschimmeljahr 2006" in Österreich kaum Beachtung fand. Bemerkenswert ist, dass dieser „nordische" Pilz in diesem Jahr im Mühlviertel einen wesentlichen Anteil an der Auswinterung von Dinkel, aber auch Triticale, Weizen und Gerste (Abb. 22) hatte.

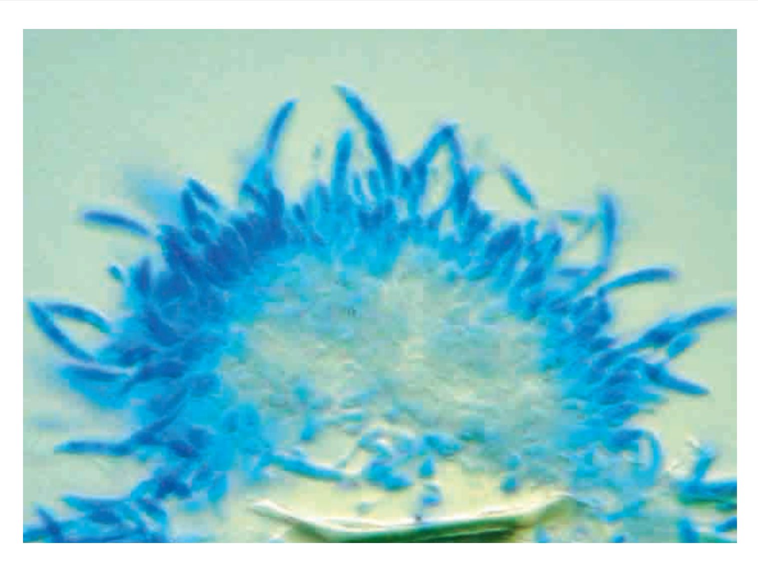


Abb. 20: Polsterförmiges Sporenlager (Sporodochium) von *Gerlachia nivalis*.



Abb. 21: Von *Typhula incarnata* befallene Wintergerste mit den fleischfarbenen Sklerotien dieses Pilzes.

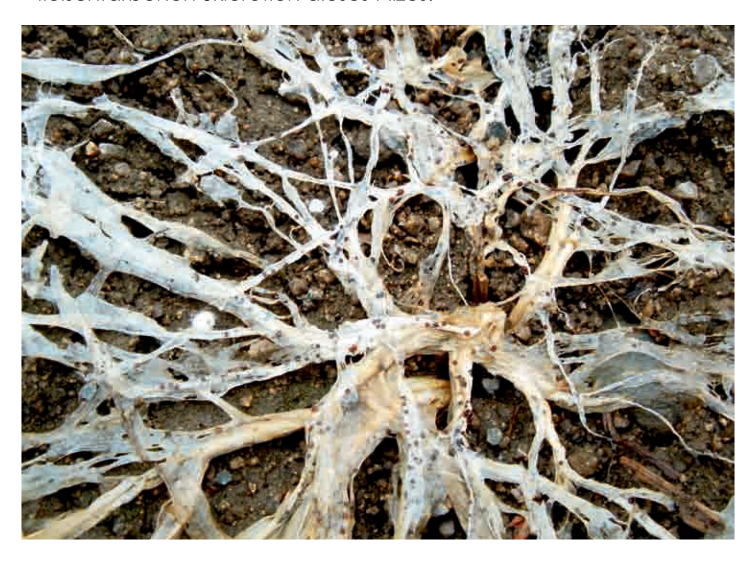


Abb. 22: Von *Typhula ishikariensis* befallene Wintergerste mit den charakteristischen, dunkel gefärbten, kugeligen Sklerotien.

Folgen der Klimaerwärmung

Auf Grund der Prognosemodelle ist in Mitteleuropa neben einem allgemeinen, allerdings saisonal unterschiedlichen Erwärmungstrend mit zunehmenden Winter- und abnehmenden Sommerniederschlägen zu rechnen (Eitzinger et al. 2009). Im Vergleich zur Periode 1961 – 1990 besteht ein Trend zu mehr Trockenstress für die Pflanzen, der allerdings durch feuchtere Perioden unterbrochen werden kann (Trnka et al. 2010).

Parasitische Pilze reagieren sehr unterschiedlich auf die sich ändernden Klimabedingungen. An trockene Klimate angepasste und durch den Wind verbreitete Pilze wie der Braun- und Schwarzrost (*Puccinia recondita* und *Puccinia graminis*) profitieren von dieser Entwicklung, während andere Pilze, die in ihrer Sporenverbreitung auf Regen angewiesen sind, wie *Mycosphaerella graminicola* ins Hintertreffen geraten. Das sich ändernde Klima schafft aber auch günstige Einwanderungsvoraussetzungen für parasitische Pilze mit einem Verbreitungsschwerpunkt in den südlichen Regionen. Ein solches Beispiel ist *Colletotrichum trifolii*. Dieser Pilz war bisher vor allem in Frankreich und Italien für Schäden bei Rotklee und Luzerne verantwortlich. In der Schweiz tauchte er in den 1990-er Jahren auf und in Österreich wurden stärkere Schäden erstmals im Jahr 2009 beobachtet (Huss et al. 2009). *Colletotrichum trifolii* verursacht auf den Stängeln länglich-ovale Läsionen (Abb. 23), welche die ganze Pflanze zum Absterben bringen können. Im Bereich dieser Läsionen entstehen die als Acervuli bezeichneten Fruchtkörper mit den für die Gattung *Colletotrichum* typischen Stacheln zwischen den Konidienträgern (Abb. 24).

Trockenstress ist nicht nur ein die Pflanzenproduktion begrenzender physiologischer Faktor, er kann auch Auslöser von Pflanzenkrankheiten sein. Ein Beispiel erleben wir in Österreich zurzeit bei der Kartoffel, die stressbedingt zunehmend unter einer von *Colletotrichum coccodes* verursachten



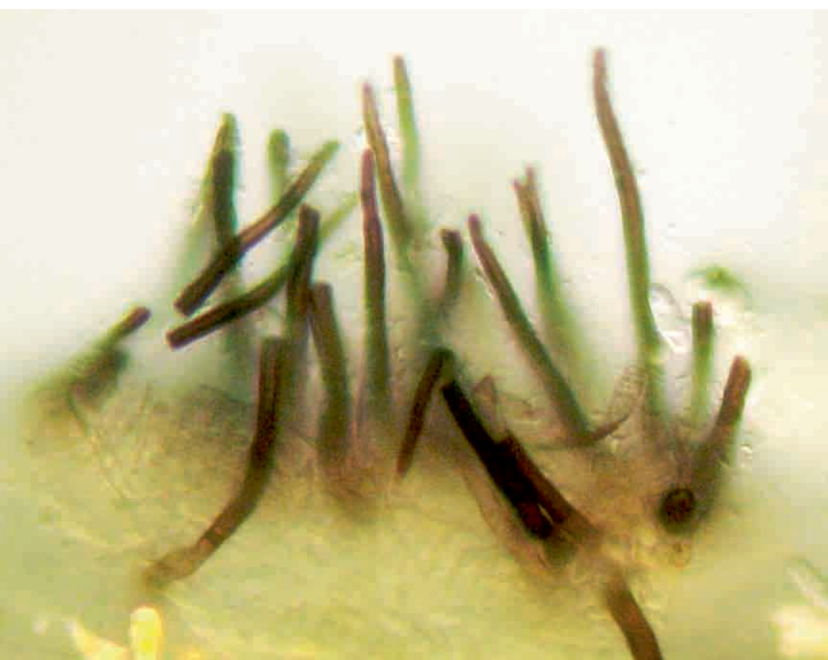


Abb. 24: Fruchtkörper (Acervulus) von *Colletotrichum trifolii* mit charakteristischen Stacheln.

Abb. 23: Von *Colletotrichum trifolii* verursachte Läsion auf einem Rotkleestängel mit deutlicher Gewebszerstörung in der Mitte.

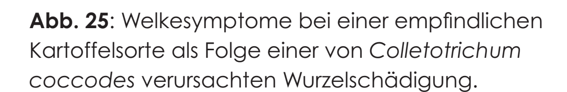


Abb. 25: Welkesymptome bei einer empfindlichen Kartoffelsorte als Folge einer von *Colletotrichum coccodes* verursachten Wurzelschädigung.



26



Abb. 26: Durch starken *Colletotrichum*-Befall wird die Nährstoffzufuhr der Kartoffelknolle unterbunden. Auf dem stark geschädigten Ausläufer sind die zahlreichen Mikrosklerotien von *C. coccodes* zu erkennen.

Abb. 27: Faserig losgelöste Rindenschicht eines unterirdischen Stängelabschnitts mit den Mikrosklerotien von *C. coccodes*.

Welke leidet (Huss et al. 2011). Unter ausgeglichenen Wachstumsbedingungen vermag dieser Pilz die Pflanze kaum zu schädigen und fungiert eher als Schwächeparasit, der nur zu Ende der Vegetationsperiode in Erscheinung tritt. Starker Stress, meist Trockenstress, kann allerdings bereits während der Blüte zu einer abrupt auftretenden Welke führen (Abb. 25). Gräbt man die betroffenen Pflanzen aus, so ist der Verursacher dieser Welke leicht auszumachen: Der Pilz hat einen großen Teil der Wurzeln befallen und hinterlässt unter der sich ablösenden Rindenschicht Mikrosklerotien. Dasselbe ist auch an den Ausläufern zu beobachten, wo er die Nährstoffzufuhr der Knollen erheblich beeinträchtigen kann (Abb. 26). Auch die unterirdischen Stängelteile zeigen eine charakteristische Vermorschung mit zahlreichen Mikrosklerotien unter der sich leicht ablösenden Rindenschicht (Abb. 27). In der Vergangenheit war die *Colletotrichum* – Welke der Kartoffel nur aus den trocken-heißen Anbaulagen Ostösterreichs bekannt, wo sie mitunter zu „katastrophalen Schäden und Missernten" führte (Wenzel 1950). In den letzten Jahren hat sie sich auf das ganze Kartoffelanbaugebiet ausgebreitet. Stärkere Ertragseinbußen sind bisher allerdings nur bei empfindlichen Sorten zu verzeichnen.

Literatur

Besenhofer, G., Zederbauer, R. & M. Plank (2001): Auch 2001 ein Gelbrostjahr? — Der Pflanzenarzt **54** (4): 12-15.

Braun, H. (1967): Die Rolle der Pflanzenkrankheiten im Leben der Völker (Rückblick und Ausblick). — Der Pflanzenarzt **20**: 112-115.

Bryson, R. J., Burnett, F. J., Foster, V., Fraaije, B. A. & R. Kennedy (Eds.) (2006): Aspects of Applied Biology 78, Funigcide Resistance: Are we winning the battle but losing the war? — Warwick: 1-162.

Bürstmayr, H. & H. Huss (2012): Hoffnungsschimmer für Bioweizen: Möglichkeiten der Resistenzzüchtung gegen Zwergsteinbrand. — Der Pflanzenarzt **65**(1-2): 20-23.

Cavara, F. (1893): Über einige parasitische Pilze auf Getreide. — Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten **3**: 16-26.

De Bary, A. (1853): Untersuchungen über die Brandpilze und die durch sie verursachten Krankheiten der Pflanzen mit Rücksicht auf das Getreide und andere Nutzpflanzen. — Berlin: 1-144.

Eitzinger, J., Kersebaum, K. C. & H. Formayer (2009): Landwirtschaft im Klimawandel — Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. — Agrimedia: 1-320.

Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., & A. von Tiedemann (2009): Phytomedizin 2. Aufl. — Stuttgart, Ulmer: 1-516.

Hamann, B. (2009): Österreich. Ein historisches Porträt. — München, Beck: 1-191.

Hänsel, H. (1980): Überblick über die Züchtung auf Schwarzrostresistenz bei Winterweizen und Mehltauresistenz bei Sommergerste in Österreich. — Bericht über die 31.Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs: VIII-XVI. Irdning.

Huss, H. (2006): *Ramularia collo-cygni* - die Erfolgsgeschichte eines unterschätzten Getreidepathogens. — Bericht ALVA - Jahrestagung 2006: 43-45.

Huss, H., 2006: Enorme Auswinterungsschäden in Getreide. — Der Pflanzenarzt **59**(5): 8-10.

Huss, H., Neumayer, I. & P. Frühwirth (2009): Eine neue Wärme liebende Krankheit: Die Anthraknose von Rotklee und Luzerne. — Der Pflanzenarzt **62** (5): 13-14.

Huss, H. & H. Bürstmayr (2011): Zwergsteinbrand - die Rückkehr eines Problempilzes. — Der Pflanzenarzt **64** (9-10): 6-9.

Huss, H., Eitzinger, J., Söllinger, J. & W. Hein (2011): *Colletotrichum*-Welke der Kartoffel als Stresstest: Schäden bei empfindlichen Sorten nehmen zu. — Der Pflanzenarzt **64** (6-7): 15-19.

Jørstad, I. (1930): Beretning om plantesykdommer i land - og hagebruket. VI. Sykdommer på korn-og engvekster. — Oslo: 1-84.

Miedaner, Th. (2011): Resistenzgenetik und Resistenzzüchtung. — DLG-Verlag, Frankfurt: 1-237.

Müller, E. & W. Löffler (1992): Mykologie. 5. Aufl. — Stuttgart, New York: Thieme: 1-367.

Oberforster, M., M. Plank & G. Bedlan (2010): Phänotypische Charakterisierung der Anfälligkeit von Weizensorten gegenüber Schwarzrost (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) in Österreich. — Bericht über die 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2009: 183-186. Irdning.

Oberforster, M. & R. Mayr (1999): Drastische Ertragseinbußen durch Gelbrost bei Weizen und Triticale. — Der Pflanzenarzt **52**(9-10): 3-7.

Popovtschak, M. & K. Zwiauer (2003): Thunau am Kamp – Eine befestigte Höhensiedlung. Archäobotanische Untersuchungen urnenfelderzeitlicher bis frühmittelalterlicher Befunde. Bestandsaufnahme der Grabungskampagnen bis einschließlich 1995. In: Friesinger, H. (Hg.), Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 52, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-historische Klasse. — Wien, Verlag d. Österr. Akad. d. Wissenschaften (2003) 1–271.

Popovtschak, M. & U. Thanheiser (2006): Archäobotanische Reste des 1.– 3. Jahrhunderts n. Chr. aus den Villae rusticae von Simetsberg und Weirading, OÖ. — In: Schulz, M. & S. Jäger-Wersonig, Archäologische Forschungen in Altheim 1991–1998. — SoSchrÖAI 40: 381–406.

Redlhammer, D. (2003): Pflanzenkrankheiten und Schädlinge – ein Problem für die Menschen zu allen Zeiten. — Der Goldene Pflug **17**: 16 – 25.

Schöber-Butin, B. (2001): Die Kraut- und Braunfäule der Kartoffel und ihr Erreger *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. - Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. 384. — Berlin und Braunschweig, Parey: 1-64.

Sieger, J. (2008): Das "Heilige Feuer" oder "Antonius Feuer". - http://www.joerg-sieger.de/isenheim/texte/hinweis/i_01b.htm.

Singh, R. V., Hodson, D. P., Huerta-Espino, J., Jin, Y., Bhavani, S., Njau, P., Herrera-Foessel, S., Singh, P. K., Singh, S. & V. Govidan (2011): The Emergence of Ug99 Races of the Stem Rust Fungus is a Threat to World Wheat Production. — Annu. Rev. Phytopathol. **49**: 465-81.

Trnka, M; Eitzinger, J.; Dubrovsky, M.; Semeradova, D., Stepanek, P., Lavinka, P., Balek, J., Skalak, P., Farda, A., Formayer, H. & Z. Zalud (2010): Is rainfed crop production in central Europe at risk? Using a regional climate model to produce high resolution agroclimatic information for decision makers. — J. Agr. Sci. **148**: 639–656.

Vogt-Lüerssen, M. (2006): Der Alltag im Mittelalter. 2. Aufl. — Norderstedt: 1-350.

Wahl, I., Anikster, Y., Manistersky, J. & A. Segal (1984): Evolution at the Center of Origin. — In: Bushnell, W. R. & A.P. Roelfs (Eds.), The Cereal Rusts Vol. I, — Academic Press: 39–77.

Wenzl, H., (1950): Untersuchungen über die *Colletotrichum* - Welkekrankheit der Kartoffel. I. Schadensbedeutung, Symptome und Krankheitsablauf. — Pflanzenschutzberichte **5**(7/8): 305-344.

Wikipedia 2011: Robigus. – http://de.wikipedia.org/wiki/Rubigo

Zadoks, J. C. & J. J. Bouwman (1985): Epidemiology in Europe. — In: Roelfs, A.P. & W. R. Bushnell (Eds.), The Cereal Rusts Vol. II. — Academic Press: 329 -369.

Zwatz, B. (1968): Bemerkungen zur Schwarzrostsituation in Österreich. — Der Pflanzenarzt **21**: 38 - 41.

Zwatz, B. (1982): Studie über den Schwarzrost des Weizens (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. & Henn.) in Österreich mit besonderer Berücksichtigung der Slow-rusting-Resistenz von Winterweizensorten. — Die Bodenkultur **33**: 246-274.